

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

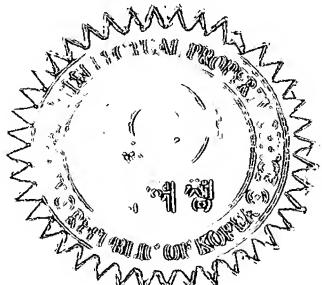
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0083122
Application Number

출원년월일 : 2002년 12월 24일
Date of Application

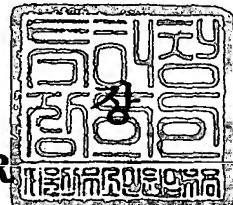
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003년 07월 22일

특허청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0005
【제출일자】	2002.12.24
【발명의 명칭】	동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법과 그 장치
【발명의 영문명칭】	A Hybrid Multiuser Interference Cancellation Scheme Using the Clustering Algorithm Based on the Dynamic Programming and its Apparatus
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	이원일
【포괄위임등록번호】	2001-038431-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이상현
【성명의 영문표기】	LEE, SANG HYUN
【주민등록번호】	770411-1785417
【우편번호】	604-081
【주소】	부산광역시 사하구 과정1동 우신아파트 1동 706호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정수정
【성명의 영문표기】	JUNG, SOO JUNG
【주민등록번호】	751212-2846928
【우편번호】	664-803
【주소】	경상남도 사천시 사천읍 선인리 301-5번지 전원아파트 1동 1106호
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 장경희
 【성명의 영문표기】 CHANG, KYUNG HI
 【주민등록번호】 620620-1067111
 【우편번호】 302-772
 【주소】 대전광역시 서구 둔산동 크로바아파트 104동 1409호
 【국적】 KR
 【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대
리인 유미특허법
인 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	4	면	4,000 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	0	항	0 원
【합계】	33,000 원		
【감면사유】	정부출연연구기관		
【감면후 수수료】	16,500 원		

【기술이전】

【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 부호 분할 다중 접속 방식을 이용한 통신 시스템에서 여러 사용자가 사용함에 따라 발생하는 사용자간 간섭을 제거하는 다중 사용자 검파 기법에 관한 것으로서, 그룹 순차형의 혼합형 간섭 제거 기법으로 다중 사용자 검파기를 구성하고, 효과적인 간섭 제거를 위해 최적화 방법을 이용한 그룹 구성 기법을 포함하는 것을 특징으로 한다. 이 때 동일한 간섭 제거 블록으로 처리되는 사용자 그룹의 원소들은, 각 사용자의 신호 전력을 측정하고 이 전력치를 바탕으로 동적 계획법을 이용하여 할당된다.

본 발명에 의하면, 동적 계획법을 이용해 신호 전력의 크기 순서대로 사용자를 정렬하고 그룹을 나누어 각 그룹에 대해 간섭 제거를 수행하게 되므로, 동일 그룹에 속하는 사용자들의 신호 전력 차이가 크게 날 경우에 사용자들 간의 큰 신호 전력 차이로 인해 전체적인 검파 성능의 열화를 방지할 수 있다.

또한, 그룹 구성에 있어서 동적 계획법으로 그룹의 원소를 계산하므로 최적의 그룹 구성을 위해, 그룹 구성을 반복적으로 수행하여 시행 착오 방법으로 최적의 그룹을 찾아내는 방법과는 달리 단 한번의 계산으로 가장 효과적인 그룹 구성 방법을 계산할 수 있어 그룹 구성 장치 및 간섭 제거기의 계산 복잡도를 큰 폭으로 감소시킬 수 있게 된다.

【대표도】

도 3

【색인어】

Hybrid Multiuser Interference Canceller, Dynamic Programming, Clustering Algorithm

【명세서】

【발명의 명칭】

동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법과 그 장치 {A Hybrid Multiuser Interference Cancellation Scheme Using the Clustering Algorithm Based on the Dynamic Programming and its Apparatus}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 다단계 혼합형 간섭 제거기의 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 다단계 혼합형 간섭 제거기를 구성하는 간섭제거 단위를 나타내는 도면이다.

도 3은 제안된 혼합형 간섭 제거기의 구조를 나타내는 도면이다.

도 4는 제안된 그룹화 기법의 실시 예를 보여 주는 도면이다.

도 5는 그룹 개수가 정해져 있을 때 제안된 그룹화 기법을 계산하기 위해 구성하는 트렐리스를 실시 예를 나타내는 도면이다.

도 6은 그룹 개수가 정해져 있지 않을 때 제안된 그룹화 기법을 계산하기 위해 구성하는 트렐리스를 실시 예를 나타내는 도면이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<7> 본 발명은 부호 분할 다중 접속(Code Division Multiple Access) 방식을 이용한통신 시스템에서 여러 사용자가 사용함에 따라 발생하는 사용자간 간섭(Multiple Access

Interference)을 제거하는 다중 사용자 검파(Multiuser Detection) 기법에 관한 것으로
서, 특히 혼합형 간섭 제거(Hybrid Interference Cancellation) 기법으로 다중 사용자
검파기를 구성하고, 효과적인 간섭 제거를 위해 최적화 방법을 이용한 그룹 구성
(Clustering) 기법으로 간섭 제거를 수행하는 방법과 구현 구조에 관한 것이다.

<8> 대역 확산 기술에 기반을 둔 부호분할 다중접속 방식은 IS-95와 IMT-2000과 같은 2
세대, 3세대 무선 이동 통신에서 중요한 다중접속 방식으로 이용되었다. 직접수열 부호
분할 다중접속 방식(Direct Sequence Code Division Multiple Access)은 다수의 사용자
가 시간과 주파수를 공유하므로 서명 수열(Signature Sequence)로 사용자를 구분한다.
그러나 사용자 서명 수열 사이에 완전한 직교성(Orthogonality)이 보장되지 않아 서명
수열 사이의 교차 상관이 존재하고, 이것으로 인한 사용자 간 간섭(Multiple access
interference, MAI)이 통신 시스템의 전송 용량과 성능에 제한을 가하게 된다. 또한 사
용자들의 신호 전력의 차이로 인해 발생하는 근원 문제(Near-far problem)가 있다.

<9> 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사용자 사이의 간섭을 제거할 수 있는 다중 사용
자 검파(Multiuser Detection) 방법이 제안되었다. 이 검파 방식에 대한 최적 검파기가
이론적으로 밝혀져 있으나 계산 복잡도가 사용자 수에 대한 지수 함수로 주어지므로 실
제적인 구현에 부적절하다. 따라서 성능 열화가 존재하더라도 계산 복잡도가 감소된 준
최적 검파기들에 대해 연구가 진행되었다. 준 최적 검파기 중에서 간섭 제거 검파기
(Interference Canceller)는 선형 검파기(Linear

Detector)와 달리, 교차 상관 행렬(Cross-correlation Matrix)에 대한 역행렬(Inverse Matrix) 계산이 필요하지 않아 선형 검파기보다 구현이 간단하며, 그 구조에 따라 순차적 간섭 제거(Successive interference cancellation, SIC) 기법과 병렬 간섭 제거(Parallel interference cancellation, PIC) 기법으로 구분된다. 모든 사용자의 신호 전력을 크기 순으로 정렬하고, 순차적으로 신호를 추정해 다시 생성한 후 수신 신호로부터 제거하는 순차적 간섭제거 기법은 좋은 비트 오류 확률(Bit error rate, BER) 성능을 나타내지만, 사용자 수에 비례하여 처리 지연 시간이 증가한다. 병렬 간섭제거 기법은 초기에 모든 사용자의 신호를 동시에 추정하여 해당 사용자를 제외한 나머지 사용자들의 다시 생성된 신호를 수신 신호로부터 제거하는 검출하는 방식으로, 처리 지연 시간이 짧은 반면 좋은 성능을 얻기 위해 다단계(Multi stage) 구조를 사용해야 하므로 계산 복잡도가 높아지는 단점이 있다. 또한 근원 문제 해결을 위한 전력 제어가 완벽한 경우는 병렬 간섭 제거기가 순차적 간섭 제거기보다 좋은 성능을 보이고, 전력 제어가 완벽하지 못한 경우에는 순차적 간섭 제거기가 병렬 간섭 제거기보다 더 좋은 성능을 나타낸다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<10> 이러한 순차적 간섭 제거기와 병렬 간섭 제거기의 좋은 특징들을 고려하여 사용자를 몇 개의 그룹으로 나누어 동일 그룹에 속하는 사용자들은 병렬 간섭 제거 기법을 적용하고 각 그룹들 사이에는 순차적 간섭 제거 기법을 적용하는 방식이 혼합형 간섭 제거(Hybrid interference cancellation, HIC) 혹은 그룹형 순차적 간섭 제거(Group-wise successive interference cancellation, G-SIC) 기법이다.

<11> 기존의 혼합형 간섭 제거 기법은 그룹에 속하는 사용자 수가 동일하도록 그룹을 만드는데, 전력 제어를 하지 않거나 전력 제어가 완벽하지 않은 상황에서 동일 그룹에 속

하는 사용자들의 신호 크기 차이가 크게 날 경우, 그룹 내에서 신호가 작은 사용자들은 보다 많은 사용자 사이의 간섭의 영향을 받게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 사용자들의 신호 전력 크기를 고려해서 동일 그룹 내에 존재하는 사용자들의 신호 크기의 차이가 적도록 그룹을 구성해야 한다.

<12> 본 발명에서는 혼합형 간섭 제거기에서 그룹 내 신호 크기의 차이가 미치는 영향을 고려하여 동적 계획법을 적용한 그룹화 기법을 이용해 각 그룹에 속하는 사용자들의 신호 전력 크기의 차이가 적도록 그룹을 형성하는 혼합형 간섭 제거 기법을 제안한다.

【발명의 구성 및 작용】

<13> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 예를 상세하게 설명한다.

<14> 이산신호 동기 직접수열 부호분할 다중접속 시스템에서 역방향 링크를 고려한다. 동기화된 통신로(Channel)에서는 모든 사용자들의 모든 데이터가 동시에 수신되므로 다른 심볼 시간의 신호들은 통계적으로 서로 독립이다. 따라서 한 심볼 시간에 대해서 고려한다. 데이터 변조 방식은 이진 데이터 시그널링(Binary Phase Shift Keying, BPSK) 방식을 사용한다. 또한 별도의 채널 추정 기법에 의해 사용자의 신호 전력을 알고 있는 상황이다. K명의 사용자 신호들이 가산적 백색 정규 잡음(Additive White Gaussian Noise, AWGN) 통신로를 통과한다고 했을 때 칩 심볼 단위로 표본화한 수신 신호는 수학식1과 같다.

<15>

$$\mathbf{r} = \mathbf{SWd} + \mathbf{n}, \mathbf{r} \in \mathbb{R}^N$$

$$\mathbf{S} = (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_2, \dots, \mathbf{s}_K) \in \left\{ \frac{-1}{\sqrt{N}}, \frac{1}{\sqrt{N}} \right\}^{N \times K}$$

$$\mathbf{s}_k^T \mathbf{s}_k = 1, \mathbf{s}_i^T \mathbf{s}_j = \rho_{ij}$$

$$\mathbf{W} = \text{diag}(w_1, w_2, \dots, w_K) \in \mathbb{R}^{K \times K}$$

$$\mathbf{d} = (d_1, d_2, \dots, d_K)^T \in \{-1, 1\}^K$$

【수학식 1】 $\mathbf{n} \sim N(0, \frac{N_0}{2})$

<16> k 번째 사용자의 정규화된 서명 수열 벡터를 \mathbf{s}_k , 신호 진폭을 w_k , 데이터 심볼을 d_k 라고 하면, 수신 신호 \mathbf{r} 은 각 열이 사용자의 서명 수열로 이루어진 행렬 \mathbf{S} 와 각 사용자의 신호 진폭을 나타내는 대각 행렬(diagonal matrix) \mathbf{W} , 데이터 심볼 벡터를 나타내는 \mathbf{d} 의 곱에 잡음 벡터가 더해진 형태이다. N 과 K 는 각각 처리 이득과 전체 사용자 수이다.

<17> 다른 사용자의 신호를 추정하여 다시 발생시킨 신호 성분을 수신 신호로부터 제거한 후 해당 사용자의 심볼을 결정하는 다중 사용자 검파 방식을 간섭제거 기법이라 한다. 간섭제거의 방법에 따라 순차적 간섭제거와 병렬 간섭제거로 구분되고, 두 기법을 혼합한 것이 혼합형 간섭제거이다. 우선 사용자를 몇 개의 그룹으로 나누고 각 그룹에 속하는 사용자들은 병렬 간섭제거 기법을 적용하고, 각 그룹 사이에는 순차적 간섭 제거 기법을 적용하는 간섭제거 방식이다. 혼합형 간섭제거 기법은 다수의 간섭제거 기법의 기본 요소인 간섭제거 단위(Interference cancellation unit, ICU)로 정의된다.

<18> 도 1은 m 번째 단계의 g 번째 그룹에 대한 간섭제거 단위(100)를 나타낸다. x_g 형태의 변수에서 아래 첨자는 그룹 인수를 나타내고, $x_{m,g}$ 형태의 변수에서 첫 번째 아래 첨자는 단계를 나타내는 인수, 두 번째 아래 첨자는 그룹을 나타내는 인수이다. 입력은 이전 그룹에 속하는 사용자들의 추정 신호가 수신 신호에서 제거된 나머지 신호 성분, $e_{m,g}$ (101)이다. 현재 그룹에 속하는 사용자들의 신호 추정은 정합 여파기 A_g (102)에 의해 이루어진다. 변환 행렬 F_g (104)는 그룹에 속하는 사용자들의 병렬 간섭제거기를 의미한다. 병렬 간섭제거기에 의해 간섭이 제거된 사용자들의 신호는 $y'_{m,g}$ (105)로 주어지며, 각 단계에서 그룹 내 사용자들의 신호 판정은 이전 단계의 결과(104)인 $y_{m-1,g}$ (106)에 $y'_{m,g}$ 을 더한 결과를 연판정(Soft decision)(108)한다. 다음 그룹에 전달되는 입력 $e_{m,g+1}$ (110)은 병렬 간섭제거기(104)에 의해 간섭이 제거된 추정 신호를 다시 발생시키는 신호 재생기(103)를 통과하고 현 그룹의 입력에서 제거(109)한 신호가 된다. 각 그룹의 간섭제거 단위는 상기와 동일한 계산을 수행한다.

<19> 도 2는 그룹 수가 G 인 경우 간섭제거 단위(202)를 이용한 다단계 혼합형 간섭제거기(200)의 전체 블록 구성을 나타낸다. 각 그룹에 속하는 사용자의 수가 1인 경우는 다단계 혼합형 간섭제거 기법은 일반적인 다단의 순차적 간섭제거 기법과 동일하고, 각 그룹에 속하는 사용자 수가 전체 사용자 수와 같은 경우는 일반적인 다단의 병렬 간섭제거 기법과 동일하다.

<20> K 명의 사용자를 가정하고 각 그룹의 사용자 수를 $u=K/G$ 로 모두 같게 하면 첫 번째 간섭제거 단위의 입력 신호 $e_{1,1}$ (201)은 수신 신호 r 과 같고, 이전 단계로부터 전해지는 초기치는 $y_{0,g=0}$ (203)으로 주어진다. 내림차순 행렬 곱을 $\prod_{j=k}^1 x_j = x_k x_{k-1} \dots x_1$

로 정의하면, 각 그룹의 입력 신호와 그룹에 속하는 사용자들에 대한 신호 판정치는 수학식 2와 같다.

$$<21> \mathbf{e}_{1,g} = \prod_{j=k}^1 (I - \mathbf{A}_j \mathbf{F}_j \mathbf{A}_j^T) \mathbf{r} = \boldsymbol{\Phi}_{g-1} \mathbf{r}$$

$$\mathbf{y}_{1,g} = \mathbf{y}'_{1,g} = \mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \mathbf{e}_{1,g} = \mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \boldsymbol{\Phi}_{g-1} \mathbf{r}$$

$$【수학식 2】 \mathbf{F}_g = \sum_0^1 (I - \mathbf{A}_g^T \mathbf{A}_g)$$

<22> 상기의 식으로부터 첫 단계의 혼합형 간섭제거 기법은 수신 신호에 선형 여파기 (Linear Filter)를 나타내는 행렬을 곱해주는 것과 같음을 알 수 있다. 상기의 식을 이용하여 모든 그룹들의 판정 값은 수학식 3과 같다.

$$<23> \mathbf{y}_1 = [y_{1,1}^T, y_{1,2}^T, \dots, y_{1,G}^T]^T = \mathbf{G}_1^T \mathbf{r}$$

$$\mathbf{G}_1 = [G_{1,1}, G_{1,2}, \dots, G_{1,G}]$$

$$【수학식 3】 \mathbf{G}_{1,g} = [\mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \boldsymbol{\Phi}_{g-1}]^T$$

<24> 첫 단계와 동일한 과정이 상위 단계에서도 반복된다. 상위 단계에서는 첫 단계를 통과한 나머지 신호들이 같은 과정을 반복하므로 각 간섭제거 단위에서의 신호 판정치 (201)는 사용자들의 남아 있는 신호 성분의 추정치이며, 각 간섭제거 단위는 각 성분을 제거한다. 따라서 상위 단계의 신호 판정치는 이전 단계의 판정치와 현재 단계에서 계산된 판정치의 합으로 주어진다. m번째 단계 g번째 그룹의 출력은 수학식 4와 같다.

$$<25> \mathbf{e}_{m,g} = \boldsymbol{\Phi}_{g-1} \boldsymbol{\Phi}_G^{m-1} \mathbf{r}$$

$$【수학식 4】 \mathbf{y}_{m,g} = \mathbf{y}'_{m,g} + \mathbf{y}_{m-1,g} = \mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \boldsymbol{\Phi}_{g-1} \sum_{i=0}^{m-1} \boldsymbol{\Phi}_G^i \mathbf{r}$$

<26> 수학식 5는 m 번째 단계의 모든 그룹에 대한 판정치를 표현한다. 수학식 5의 결과로부터 혼합형 간섭제거 과정은, 사용자들의 서명 수열 정보와 그룹 정보를 이용해 선형 여파기를 구성하고, 수신 신호에 대한 선형 여파를 통해서 각 사용자들의 신호를 결정한다.

<27>
$$\mathbf{y}_m = \mathbf{G}_m^T \mathbf{r}$$

$$\mathbf{G}_m = [\mathbf{G}_{m,1}, \mathbf{G}_{m,2}, \dots, \mathbf{G}_{m,g}]$$

【수학식 5】
$$\mathbf{G}_{m,g} = \sum_{i=0}^{m-1} (\Phi_G^T)^i \Phi_{g-1}^T \mathbf{A}_g \mathbf{F}_g^T$$

<28> 본 발명에서 제안하는 간섭제거 방법을 유도해내기 위해, 전력 제어가 완벽하지 않을 때 사용자들의 신호 전력의 차이가 있는 경우 그 차이의 영향을 고려한다. 먼저 혼합형 간섭제거 기법의 각 그룹 내부의 간섭제거기인 병렬 간섭제거기에서, 전력 제어가 완벽하지 않은 경우 사용자들이 신호 전력 차이가 성능에 미치는 영향을 고려한다. 그리고 이를 통해서 혼합형 간섭제거 기법에서 그룹에 속하는 사용자 신호 전력 차이가 성능에 미치는 영향을 고려한다.

<29> 연판정을 위한 병렬 간섭제거 기법은 수신 신호에 대한 선형 여파 과정과 같은 형태로 표현할 수 있다. 병렬 간섭제거 기법의 검파기 출력은 수학식 6과 같다.

<30> 【수학식 6】
$$\mathbf{y} = \mathbf{G}^T \mathbf{r} = \left(\sum_{i=1}^2 (\mathbf{I} - \mathbf{S}^T \mathbf{S})^{i-1} \mathbf{S}^T \right) \mathbf{r}$$

<31> k 번째 사용자의 출력 y_k 에 대해 수학식 7과 같이 다시 쓸 수 있다. 첫 번째 항은 k 번째 사용자의 신호를 나타내고, 두 번째 항은 간섭제거 후 남아있는 다른 사용자들의

간섭 성분을, 나머지 항은 선형 여파된 잡음을 나타낸다. k번째 사용자의 신호 대 간섭과 잡음 비는 수학식 8과 같다.

<32>

$$\begin{aligned} y_k &= \left(\mathbf{s}_k^T - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \mathbf{s}_i^T \right) \left(w_k d_k \mathbf{s}_k + \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \mathbf{s}_j + \mathbf{n} \right) \\ \text{【수학식 7】} \quad &= w_k d_k \left(1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right) + \left(\sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \rho_{kj} - \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \left(\sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{ij} \right) \right) + \left(\mathbf{s}_k^T - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \mathbf{s}_i^T \right) \mathbf{n} \end{aligned}$$

<33>

$$\text{【수학식 8】} \quad SINR_k = \frac{E \left[\left(w_k d_k \left(1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right) \right)^2 \right]}{E \left[\left(\left(\sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \rho_{kj} - \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \left(\sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{ij} \right) \right) + \left(\mathbf{s}_k^T - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \mathbf{s}_i^T \right) \mathbf{n} \right)^2 \right]}$$

<34>

BPSK변조를 가정하면 수학식 8의 분자는 수학식 9와 같이 계산된다.

<35>

$$\text{【수학식 9】} \quad E \left[\left(w_k d_k \left(1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right) \right)^2 \right] = w_k^2 \left(1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right)^2$$

<36>

다른 사용자들의 남아 있는 간섭과 잡음 전력을 나타내는 분모는 신호와 잡음이 서로 독립이고 사용자 신호도 서로 독립이므로 수학식 10으로 주어진다.

<37>

$$\text{【수학식 10】} \quad \sum_{i=0, i \neq k}^K w_i^2 \left(\rho_{ki} - \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{kj} \rho_{ij} \right)^2 + \sigma^2 \left(1 - 2 \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 + \sum_{i=0, i \neq k}^K \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{kj} \rho_{ij} \right)$$

<38>

수학식 9와 수학식 10으로 수학식 8을 다시 쓰면 수학식 11과 같다.

<39>

$$SINR_k = \frac{\left(1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right)^2}{\sum_{i=0, i \neq k}^K \frac{w_i^2}{w_k^2} \alpha_i^2 + \frac{\sigma^2}{w_k^2} \gamma}$$

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \rho_{ki} - \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{kj} \rho_{ij} \\ \text{【수학식 11】} \quad \gamma &= 1 - 2 \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 + \sum_{i=0, i \neq k}^K \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{kj} \rho_{ij} \end{aligned}$$

<40> 평균 신호 전력과 사용자들 신호 전력 차이를 표현하기 위해 평균 신호 진폭 \bar{w} 와 사용자 신호 진폭 w_k 를 다음과 같이 정의한다.

<41> 【수학식 12】 $w_k = \bar{w} + \delta_k$, $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_K$

<42> 서명 수열 사이의 교차상관은 신호 대 간섭과 잡음 비에 영향을 미치지 않도록 잘 선택되었다고 가정한다. 신호 대 간섭과 잡음 비의 분모에 나타나는 k번째 사용자와 다른 사용자들의 전력비의 합은 수학식 13과 같다.

<43> 【수학식 13】 $\sum_{i=0, i \neq k}^K \left(\frac{w_i}{w_k} \right)^2 = \frac{1}{w_k^2} \left\{ (K-1)\bar{w} + \sum_{i=0, i \neq k}^K \delta_i^2 - 2\bar{w}\delta_k \right\}$

<44> 수학식 11의 신호 대 간섭과 잡음 비는 평균 신호와의 차이 제곱에 반비례하고, 따라서 병렬 간섭제거 기법의 경우 사용자들 신호 진폭이 평균 신호 진폭에 대해 차이가 클수록 신호 대 간섭과 잡음 비가 낮게 된다. 그러므로 전력 제어가 완벽할 경우 병렬 간섭제거 기법의 성능이 좋다.

<45> 각 그룹에 속하는 사용자 수를 u 로 하는 혼합형 간섭제거 기법의 g 번째 그룹에 속하는 사용자 신호 크기의 차이가 신호 대 간섭과 잡음 비를 고려한다. 전체 사용자 신호의 크기가 내림차순으로 정렬되어 있고 사용자를 G 개의 그룹으로 나눈다고 하면 g 번째 그룹 사용자는 수학식 14와 같다.

<46> 【수학식 14】 $u = \frac{K}{G}$, $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_K$, $u(g-1)+1 \leq k \leq ug$

<47> g 번째 그룹의 간섭제거 단위는 선형 여파기로 표현되므로, g 번째 그룹의 선형 여파기 출력 값은 병렬 간섭제거 방식과 비슷한 방법으로 수학식 15로 주어진다.

<48>

$$【수학식 15】 \quad \mathbf{y}_g = \mathbf{G}_g^T \mathbf{e}_g = \left(\sum_{i=1}^2 (\mathbf{I} - \mathbf{A}_g^T \mathbf{A}_g)^{-1} \mathbf{A}_g^T \right) \mathbf{e}_g$$

<49>

병렬 간섭제거기와의 차이점은, 수신 신호 r 대신 남아 있는 나머지 수신 신호 e_g 가 입력으로 주어지고, 전체 서명 수열 행렬 S 대신 그룹에 속하는 사용자의 서명 수열 행렬 A_g 로 주어진다는 것이다. 따라서 병렬 간섭제거기와 동일하게 g 그룹에 속하는 k 번째 사용자에 대한 판정치를 결정할 수 있고, 수학식 11과 같은 형태로 신호 대 간섭비를 계산하면 수학식 16과 같다.

<50>

$$SINR_k = \frac{\left(1 - \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \rho_{ki}^2\right)^2}{\sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \frac{w_i^2}{w_k^2} \tilde{\alpha}_i^2 + \sum_{i=ug+1}^K \frac{w_i^2}{w_k^2} \tilde{\alpha}_i^2 + \frac{\sigma^2}{w_k^2} \tilde{\gamma}}$$

$$【수학식 16】 \quad \tilde{\alpha}_i = \rho_{ki} - \sum_{j=u(g-1)+1, j \neq k}^{ug} \rho_{kj} \rho_{ij}$$

$$\tilde{\gamma} = 1 - 2 \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \rho_{ki}^2 + \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \sum_{j=u(g-1)+1, j \neq k}^{ug} \rho_{ki} \rho_{kj} \rho_{ij}$$

<51>

수학식 16으로부터 병렬 간섭제거 기법의 신호 대 간섭과 잡음 비를 나타내는 수학식 11의 형태와 같으나, 간섭 신호 전력에 g 그룹에 속하는 다른 사용자와 g 그룹 다음의 그룹에 속하는 사용자의 성분이 존재하는 점이 다르다.

<52>

g 그룹에 속하는 사용자 신호 전력 차이에 의한 영향을 고려하므로 혼합형 간섭제거 기법은 병렬 간섭제거 기법과 동일하게 같은 그룹에 속하는 사용자들의 전력비에 반비례한다. g 그룹 사용자 신호 크기를 진폭 평균과의 차이로 정의하면, 같은 그룹에 속하는 사용자들의 전력비는 수학식 17과 같다.

<53>

$$【수학식 17】 \quad \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \left(\frac{w_i}{w_k} \right)^2 = \frac{1}{w_k^2} \left\{ (u-1) \bar{w}_g + \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \delta_{gi}^2 - 2 \bar{w}_g \delta_{gi} \right\}$$

<54> 수학식 17은 동일 그룹에 속하는 사용자의 사용자들의 신호 전력 차이가 클수록 신호 대 간섭과 잡음 비가 줄어드는 것을 보여준다. 같은 방법으로 다른 그룹에 대해서도 각 그룹 평균 전력 크기와 평균 전력의 차이를 이용해 표현할 수 있다. 수학식 17은 각 그룹 신호들의 합으로 표현되고, 이 때 각 그룹의 신호는 각 그룹의 신호들의 평균과 그 차이로 나타낼 수 있으므로, 각 그룹의 신호들의 평균과의 차이가 크면 신호 대 간섭 비가 감소하는 것을 알 수 있다. 그러므로 혼합형 간섭제거 기법의 경우 각 그룹에 속하는 사용자들의 신호 크기 차이가 적어지도록 그룹을 구성해야 한다.

<55> 상기의 고려를 통해 동일 그룹에 속해 있는 사용자들의 신호 크기의 차이가 작을수록 혼합형 간섭제거 기법의 성능이 좋음을 알 수 있다. 혼합형 간섭제거 기법은 사용자의 신호 크기를 고려하지 않고 그룹마다 동일한 사용자 수를 가지도록 그룹을 만들어 간섭을 제거하므로, 전력 제어가 완벽하지 않으면 사용자들의 신호 크기가 동일하지 않게 되어, 그룹에 속하는 사용자들의 신호 크기가 차이가 큰 경우 전체적으로 성능이 열화된다.

<56> 그러므로 전력 제어가 완벽하지 않으면 사용자들의 신호 크기를 고려하여 그룹을 만들어 간섭제거를 하면 성능을 개선할 수 있다. 본 발명에서 제안하는 간섭 제거기의 구조는 이러한 그룹 분할을 포함하는 구조를 가지며 도 3에 나타내었다. 그룹화 모듈은 각 그룹의 원소를 계산하여 간섭제거기에 전달한다.

<57> K-평균 그룹화 기법은 그룹에 속하는 원소들이 중심값 또는 평균과의 차이가 적도록 그룹을 만드는 최적화 기법으로 도 4에 나타내었고, 목적 함수를 제곱 오류 합(Sum of squared errors)으로 정의한다. n개의 표본, x_1, x_2, \dots, x_n 으로 이루어진 집합 S가 K개 부분 집합 s

1, s_2, \dots, s_K 로 분할되었을 때 n_i 를 부분 집합 s_i 의 표본들의 개수, m_i 를 s_i 에 속하는 표본들의 평균값이라고 하면 이는 수학식 18로 주어진다.

<58>
$$m_i = \frac{1}{n_i} \sum_{x \in s_i} x$$

【수학식 18】

<59> 제곱 오류 합은 수학식 19로 주어진다.

<60>
$$J_e = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in s_i} \|x - m_i\|^2$$

【수학식 19】

<61> 주어진 부분 집합 s_i 에 대하여 평균값 m_i 는 수학식 19를 최소화하는 의미에서 s_i 의 대표값 또는 중심값이라고 할 수 있다. 따라서 목적 함수는 n 개의 표본들이 중심값으로 부터의 유클리드 거리의 합으로 정의한다. 목적함수는 그룹의 분할 방법에 따라 달라지게 되는데, 최적의 분할을 얻기 위해서는 이 값을 최소화해야 한다.

<62> 그리고, n 개 표본을 가지는 전체 집합을 K 개의 부분 집합으로 분할하는데 있어 최적의 결과를 얻기 위해서는 분할 가능한 모든 경우를 고려해야 한다. 그 경우의 수는 K^n 이므로 분할되는 모든 경우의 수를 고려해야 한다.

<63> 본 그룹 분할은 순서가 있는 그룹 분할에 해당하므로 동적 계획법을 이용하면 모든 경우를 다 고려하지 않고 최적 그룹 분할을 얻을 수 있다. 동적 계획법을 사용하기 위해 초기에 트렐리스를 구성해야 한다. 트렐리스를 구성하는 방법은 그룹의 개수가 정해진 경우와 그룹의 개수가 정해지지 않은 경우로 구분된다.

<64> 도 5는 그룹의 개수가 정해진 경우에 대한 트렐리스를 나타낸다. 트렐리스는 절점(node)(501)과 가지(branch)(502)로 이루어진다. 초기에 전력의 크기에 따라 사용자의 번호가 내림차순으로 정렬해야 한다. 절점은 2차원으로 주어지며 각 열은 각 그룹을 나

타내고, 각 열의 행 방향 원소들은 해당 열의 그룹이 원소로 가지는 마지막 사용자의 번호를 나타낸다. 각 행의 개수는 해당 그룹의 마지막 원소로 가질 수 있는 모든 방법을 나타낸다. 따라서 각 행의 개수를 m 을 제한하게 되면 한 그룹에 할당할 수 있는 최대 사용자 수를 지정할 수 있게 된다. 그러므로 각 절점에 부여된 숫자는 현재의 그룹까지 할당된 모든 사용자의 수와 같다. 예를 들면 첫 번째 열에서 첫 번째 행은 첫 번째 그룹의 원소가 1개임을 나타낸다. 모든 그룹은 원소를 하나 이상 포함해야 하므로 두 번째 열의 절점에 부여된 숫자는 2부터 시작된다. 또한 한 그룹에 속한 사용자는 다음 그룹에는 속할 수 없으므로 가지가 다음 열로 연결될 때는 항상 바로 옆 또는 아래로 연결된다. 마지막 $K-1$ 번째 그룹 결정 이후에는 모든 가지가 하나의 절점으로 수렴해야 한다.

<65> 즉, 남은 모든 사용자를 마지막 그룹에 할당하여 할당하지 않은 원소가 없도록 한다. 주어진 트렐리스에 대해서 동적 계획법을 수행한다. 트렐리스의 각 가지에 대해 평균을 계산하여 최적화 척도로 정한다. 각 절점에서 여러 개의 가지가 모였을 때 가장 척도가 적은 것을 선택하고 나머지 가지의 척도는 버린다. 최종 K 번째 그룹(503)에서 가장 최소의 척도를 선택하여 최적 경로를 찾아내고, 최적 경로가 거쳐온 절점들의 값이 각 그룹의 마지막 원소의 번호가 되도록 그룹을 나누어서 그룹화를 종료한다.

<66> 그룹의 개수가 정해지지 않은 경우에 대해서도 그룹의 개수를 정하면서 그룹의 원소를 할당할 수 있다. 이 기법을 사용하기 위해 도 6과 같은 트렐리스를 정의한다. 도 5와는 달리 각 절점(601)은 행 방향으로 같은 번호를 부여받는다. 이는 각 그룹 중에서 원소가 없는 그룹을 허용함을 의미한다. 최종적으로 그룹 할당을 마쳤을 때 원소가 0개인 그룹을 제외하면 최종적으로 할당된 그룹을 얻을 수 있다.

<67> 상기의 방법으로 얻은 그룹 할당 정보를 간접 제거기에 전달하며 간접제거기는 이 정보를 바탕으로 기본 간접제거 단위로 간접 제거를 수행한다.

【발명의 효과】

<68> 이상에서 살펴 본 바와 같이, 본 발명에서는 동적 계획법을 바탕으로 한 그룹화 기법을 이용하여 혼합형 간접제거기의 기본 간접제거 단위에서 처리해야 할 사용자의 그룹을 나누어 각 기본 간접제거 단위의 처리 성능을 개선할 수 있다. 전력 제어가 완벽하지 않은 경우, 동일 그룹에 속하는 사용자들 사이의 큰 신호 크기 차이에 의해 성능이 떨어질 수 있으므로 혼합형 간접제거 기법을 사용하기 전에 그룹화 처리가 추가되나 동적 계획법을 위한 목적함수가 계산이 간단한 편이므로 추가적인 하드웨어 비용은 거의 없다. 따라서 그룹화 기법은 소프트웨어적으로도 대단히 구현할 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

다중 사용자 검파 기술에서, 수신 신호내의 각 사용자의 신호 전력을 측정하는 통신로 추정기, 통신로 추정기로부터 얻은 전력을 크기 순서대로 정렬하는 정렬기, 정렬기로부터 정렬된 사용자 번호에 동적 계획법을 적용하는 그룹화 계산기, 그룹화 계산기의 출력에 따라 할당된 그룹의 신호로부터 다른 사용자에 의한 간섭 신호를 병렬적으로 제거하는 기본 간섭제거 단위, 이를 이차원적으로 배치하여 순차적으로 간섭을 제거하는 혼합형 간섭제거기.

【청구항 2】

제1 항에 있어서,

통신로 추정기로부터 얻은 전력을 내림차순으로 정렬하는 정렬기와 정렬기로부터 얻은 사용자 번호에 동적 계획법을 적용하는 그룹화 계산을 이용하여 해당 그룹에 따라 혼합형 간섭제거를 수행하는 방법.

【청구항 3】

제2 항에 있어서,

그룹 내의 사용자간 전력의 차이가 최소가 되도록,
$$J_e = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in s_i} \|x - m_i\|^2$$
 와 같은 최적화 목적함수로 최적화하여 얻어진 그룹으로 사용자를 나누어 각 간섭 제거 단위에 할당하는 방법.

【청구항 4】

제3 항에 있어서,

정렬된 사용자 번호를 절점에 할당하고, 평균으로부터의 유클리드 거리의 합을 가지로 갖는 트렐리스, 이렇게 정의된 트렐리스에 대해 그룹 할당 탐색을 진행해 나가면서 그룹 할당이 최적화될 수 없는 그룹을 제거해내는 트렐리스 탐색 방법, 이러한 트렐리스 탐색 방법을 소프트웨어 또는 하드웨어로 포함하며, 이러한 방법을 통해 얻어진 결과로 그룹의 할당을 제어할 수 있는 그룹화 계산기.

【청구항 5】

제4 항에 있어서,

그룹의 개수가 정해지지 않았을 때, 그룹의 원소의 개수가 0개가 될 수 있도록 허용한 트렐리스, 해당 트렐리스를 이용하여 트렐리스 탐색을 수행하여 그룹의 개수와 각 그룹의 원소를 동시에 할당하는 트렐리스 탐색 방법, 이러한 트렐리스 방법을 소프트웨어 또는 하드웨어로 포함하며, 이러한 방법을 통해 얻어진 결과로 그룹의 할당을 제어할 수 있는 그룹화 계산기.

【청구항 6】

제4 항 및 제5 항에 있어서,

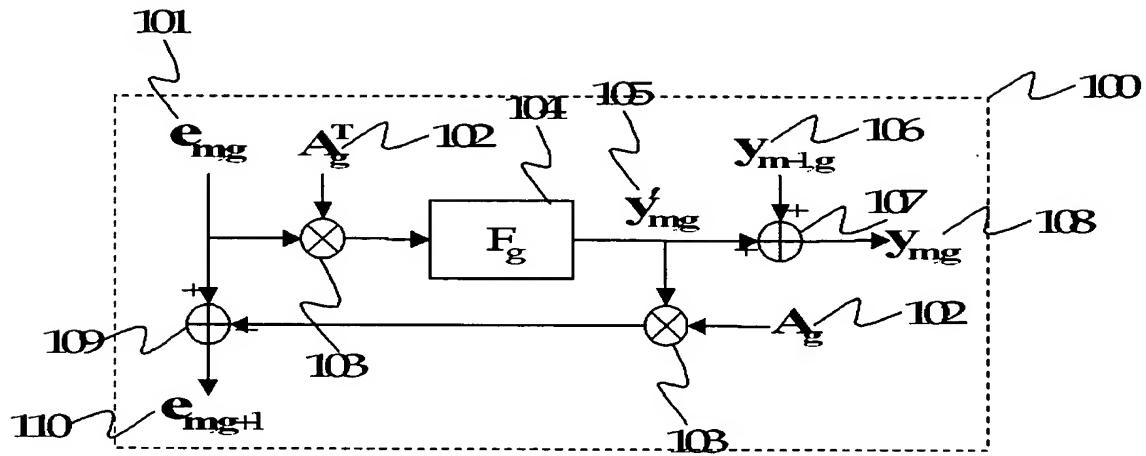
그룹화 계산기의 출력을 제어 입력으로 받아 해당 그룹의 사용자를 재설정할 수 있는 기본 간접 제거 단위와 이를 포함하는 혼합형 간접제거기.

1020020083122

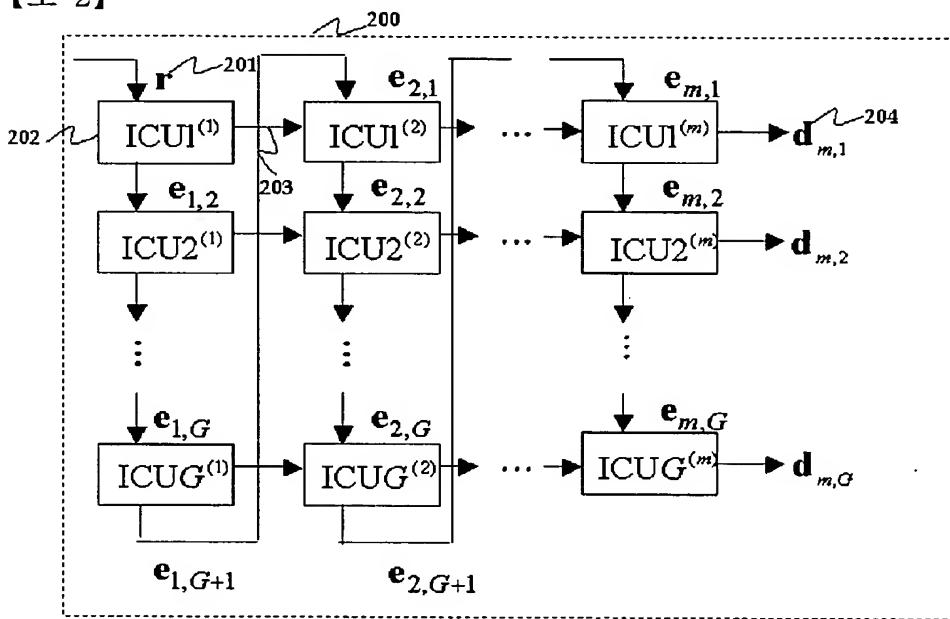
출력 일자: 2003/7/23

【도면】

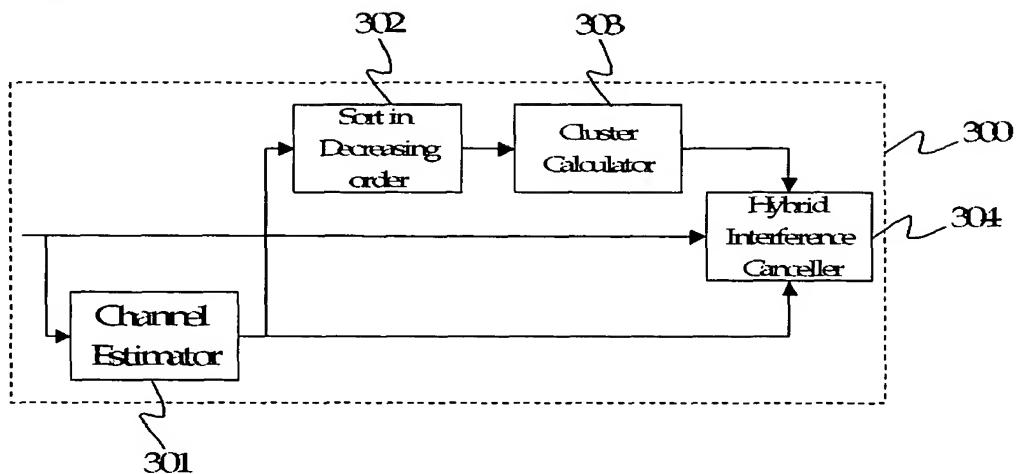
【도 1】



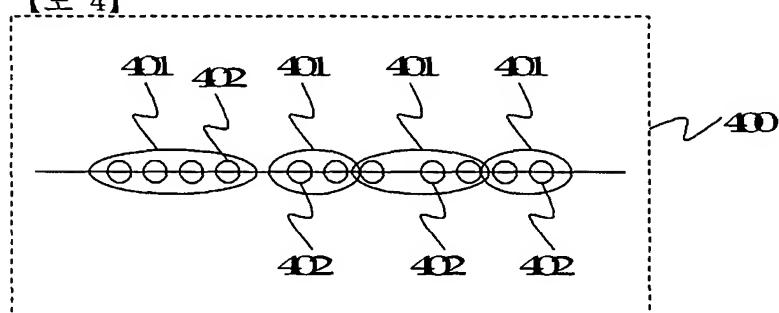
【도 2】



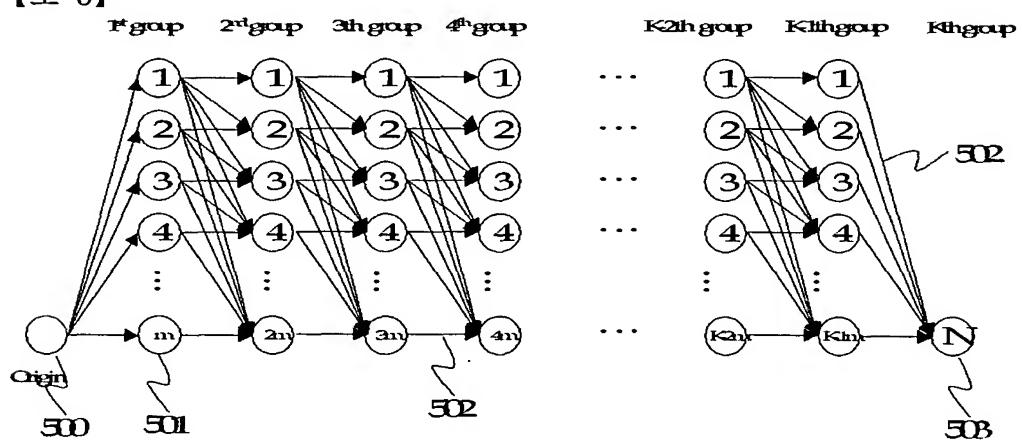
【도 3】



【도 4】



【도 5】



【도 6】

